

# EMO 2019: O STROJÍCH A DATECH

Doc. Ing. Petr Kolář, Ph.D., a spoluautoři

EMO Hannover – veletrh, kde se tisíce a tisíce návštěvníků z celého světa mohou setkat s tím nejlepším a nejnovějším, co se v poslední době v průmyslovém světě událo. MM Průmyslové spektrum pravidelně přináší z této události postřehy českých odborníků. Co nejvíce letos zaujalo pracovníky Výzkumného centra pro strojírenskou výrobní techniku a technologii RCMT při Fakultě strojní ČVUT v Praze, se dočtete v následující reportáži.

Veletrhy a výstavy | [www.mmspektrum.com/191130](http://www.mmspektrum.com/191130)

## Očima doc. Ing. Petra Koláře, Ph.D.

Velmi silným tématem EMO byla letos produktivita výroby. Z pohledu zvyšování produktivity není aktuálně považován za limit vlastní stroj a jeho technické parametry, ale schopnost udržet ho v aktivní výrobě požadovaných dílců, tedy zajistit potřebný tok informací a materiálu ke stroji a ze stroje. Chtěli bychom proto ukázat dva významné trendy: automatizaci manipulace s obrobky (tok materiálu) a nadstavbová prostředí pro řídicí systémy (tok informací).

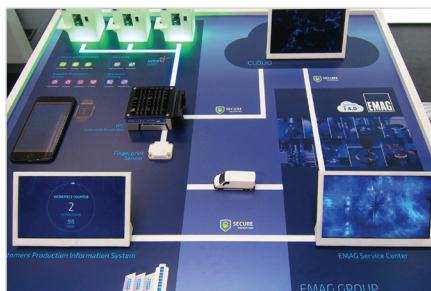
Vybavení obráběcích strojů manipulačními roboty pro zakládání dílců bylo možno ve větší míře pozorovat na EMO 2015 i 2017. V roce 2019 je to považováno za standard, zejména pro konfiguračně jednodušší stroje, které by měly být využívány s menším podílem zásahů obsluhy. Vedle tradičních integrací robotů bylo možno vidět řadu řešení pro dodatečné doplnění stroje robotickým manipulátorem. Jednoduché buňky, které lze ke stroji přistavit vysokozdvíhacím vozíkem a propojit se strojem bez nároků na složité úpravy PLC, obsahují manipulačního robota a sklad polotovarů / hotových dílců nebo manipulovaných palet. Tato řešení nabízeli jak výrobci výrobních strojů, tak i specializovaní výrobci těchto doplňkových jednotek.

V řadě ukázek bylo vidět manipulačního robota, který si sám otevírá dveře do pracovního prostoru stroje. Řešení není technicky správné, umožňuje ale snadné připojení robota ke stroji bez nutnosti zásahu do stroje (a ev. též snadného odpojení od stroje, kdy zůstává zachován přístup pro lidskou obsluhu). Specifické řešení představila firma Okuma, která robota vestavěla přímo do pracovního prostoru soustružnického centra. Stroj má tedy zajištěnu manipulaci s dílci a obsluha má standardní možnost vstupu do stroje. Dále nebylo možno přehlédnout boom mobilních platform, které byly osazeny robotem a zásobníkem dílců. Taková jednotka umožňuje zakládat/vykládat dílce u stroje a též je převážet mezi stroji. Jedná se o další průmyslově standardně realizovaný stavební kámen flexibilní automatizace.

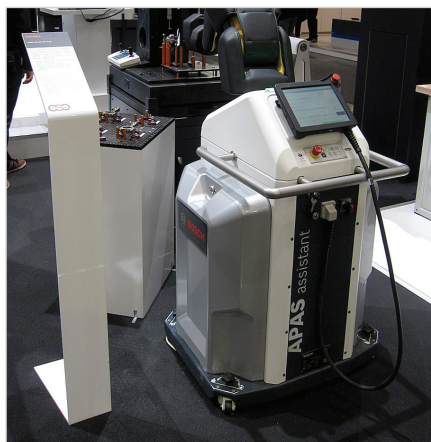
Pro zajištění toku informací nabízí stále více výrobců obráběcích strojů vlastní nadstavby řídicích systémů. Tyto nadstavby umožňují jak



Autonomně se pohybující platforma pro zajištění manipulace s vyráběnými dílci (DMG Mori)



Digitální výrobní řetězec v podání firmy Emag. Řešení umožňuje propojení informací jak o vyráběných produktech, tak i o náhradních dílech stroje a nutných servisních zásazích.



Autonomně se pohybující platforma pro zajištění toku materiálu (Bosch)

jednotnou komunikaci s uživatelem bez ohledu na typ použitého řídicího systému, tak zjednodušují datový tok mezi stroje a dalšími systémy (zejména MES pro řízení výroby). Vedle již tradičních řešení např. DMG Mori Celos a Mazak Smooth představili podobná řešení další přední výrobci z celého světa: ozubárenské stroje Kapp Niles, soustruhy Index (iXpanel), zakladače tyčí LNS (eConnect), vertikální soustruhy Emag, soustružnická centra Nakamura Tome (SmartX), systémy manipulace obrobků Erowa, frézovací centra Heller, obráběcí centra CMS (Cms Connect), obráběcí centra Doosan (CUFOS). Je potěšující, že i česká firma TOS Varnsdorf vystavila vlastní řešení (TOS Control), které v porovnání s ostatními podobnými produkty se řadí spíše k lepšímu průměru. U řady systémů (zejména německých firem) bylo klíčovým podnětem sjednocení sémantiky komunikačního protokolu OPC-UA pod názvem Umati. Právě standardizace k průmyslové komunikaci ukazuje, že SW nástroje pro podporu celého výrobního řetězce se v blízké budoucnosti stanou dalším důležitým obchodním prvkem ve světě obráběcích strojů. Ucelenou ukázkou mělo v tomto směru DMG Mori se svou Streamaing Analytics, která kombinuje real-time kontrolu procesu a ukládání klíčových informací pro pozdější kontrolu kvality na datové úložiště. Konzervativní svět výrobních strojů se tak již také začíná posouvat od byznys modelu založeného na prodeji stroje (a technologie) k byznys modelu založenému na prodeji služeb.

## Očima Mgr. Petra Petráčka, Ph.D.

Zatímco na výstavě EMO 2017 byl při zpracování dat kladen největší důraz na čistě cloudová řešení, na EMO 2019 se tento trend posunul k využití edge computing. Zpracování měřených dat přímo na místě má řadu výhod: umožňuje sběr dat s vyšší časovou frekvencí, neklade tak vysoké nároky na připojení a umožňuje zákazníkovi sběr a zpracování dat bez nutnosti připojení k externímu úložišti. Siemens představil v této oblasti komplexní řešení Siemens Edge zahrnující jak hardware schopný ukládat najednou až 100 strojních proměnných s frekvencí 1 kHz, tak otevřenou aplikační platformu, včetně nástrojů pro vývoj vlastních aplikací. Možností využití je celá řada, od predikce životnosti nástroje přes monitorování režných podmínek po analýzu produktivity.

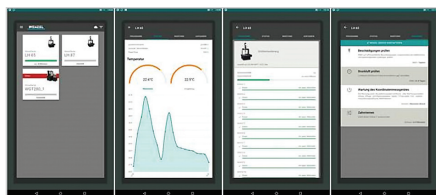
## Očima Ing. Jiřího Švědy, Ph.D.

V oblasti inteligentních a mechatronických systémů se EMO 2019 neslo v duchu inovace řídicích systémů a jejich kompatibility s IT systémy. Množství strojů bylo vybaveno OPC-UA komunikací s unifikovaným datovým modelem a data o jejich provozu byla centrálně sledována. Výrobci obráběcích strojů také v řadě případů prezentovali nadstavbové systémy přímo na operátorských panelech (v dosti různé kvalitě), které mají za úkol nejen zvýšení komfortu

obsluhy stroje, ale také efektivity a spolehlivosti výroby. V některých případech byly tyto systémy vybaveny i diagnostickými nástroji pro sledování aktuálního stavu stroje.

### Očima Mgr. Jiřího Falty

Letošní veletrh ve svém motto položil důraz na tzv. *smart technologie*. Za možná nejdůležitější krok v této oblasti považují představení otevřeného komunikačního rozhraní Umati, které má ambice stát se společným jazykem obráběcích strojů. Na počátku tohoto projektu zahájeného na EMO v Hannoveru v roce 2017 stálo původně 17 firem. Z oblasti obráběcích strojů jsou to například DMG Mori, Chiron nebo United Grinding. Na EMO 2019 se k tomuto projektu přihlásilo už 50 společností prezentujících na tomto veletrhu. Prostředí umožňuje například zobrazení informací o běžících operacích, chybách, stavu stroje, celkové efektivity zařízení, plánování použití nástrojů, příkonech pohonů stroje nebo toku materiálu.



Komunikační rozhraní Umati má ambice stát se společným jazykem obráběcích strojů.

### Očima Ing. Jaroslava Červenky

Nárůst využívání 3D tisku nejen u zákaznických řešení produktů i zvyšování užitečných vlastností standardních výrobků byl patrný nejen v segmentu nástrojů, nástrojových držáků, ale i v leteckém a automobilovém průmyslu.

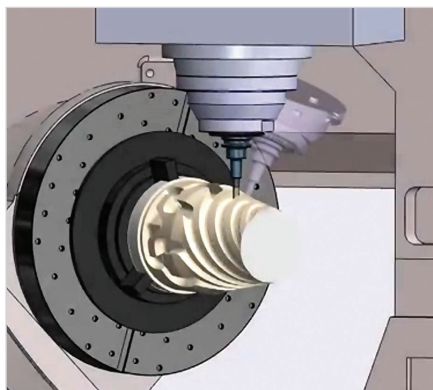
Pozorujeme snahu výrobců umožnit nejen sledování správné funkce svých produktů pomocí integrovaných čidel, ale i pokročilé zpracování naměřených dat, jejich interpretaci, sdílení a prezentaci.

Nárůst automatizace operační manipulace s polotovary a obrobky s využitím univerzálních robotů, který jsme mohli sledovat na minulém veletrhu, byl nyní rozšířen o možnost jednoduché a rychlé integrace robotů do výrobního procesu.

U výrobců komponent pohybových os došlo nejen k rozšíření nabízených produktových řad, ale i k nárůstu jejich užitečných vlastností a možností prediktivní údržby.

### Očima Ing. Petra Fojtů, Ph.D.

Veletrh ukázal užší propojení CAD/CAM a CNC systémů pro obráběcí stroje. Příkladem může být antikolizní systém vyvinutý firmou ModuleWorks, prezentovaný na stojích Huron, kdy řídicí systém Siemens Sinumerik poskytuje antikolizní ochraně data o poloze strojních os v předstihu stovek milisekund před reálné odháněním NC kódem. Zároveň ModuleWorks prezentoval softwarový modul, který po integraci umožní automaticky přenést kompletní



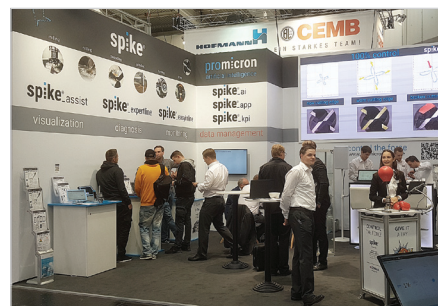
Antikolizní systém stroje Huron se stínovým nástrojem pohybujícím se v předstihu 800 ms před reálným strojem

scénu pracovního prostoru z CAM (upínky, svěráky, přípravky atd.) do systému antikolizní ochrany stroje. Dalším příkladem může být přímé propojení CAM systému HyperMill s řídicím systémem Heidenhain TNC 640, kdy je kromě sjednocení pracovní scény (možných kolizních objektů) kontrolováno také shodné nastavení souřadného systému a nástrojů v CAM a CNC. Navíc CAM systém využívá znalost kinematiky a dynamiky stroje pro optimalizaci přejezdů rychloposuvem při pětiosém indexovaném či souvislém obrábění.

### Očima Ing. Martina Mareše, Ph.D.

Aktuální trendy v oblasti teplotně-mechanické stability sdělují „stálce“ na špičce produkce výrobních strojů – Mazak, DMG Mori, Okuma – ve formě svých stávajících řešení: efektivní chlazení rámu a komponent strojů, symetrické struktury, thermal friendly concept, kombinující výhody efektivního chlazení a softwarové kompenzace založené na klíčových teplotních vstupech. Z výměny znalostí se zástupci firem v oblasti neaktuálnějších trendů ve výzkumu a vývoji obráběcích strojů vyplývá, že světové špičky, ačkoli úsilí na EMO 2019 neprezentují, vyvíjejí teplotní kompenzace ve formě AI „umělé inteligence“ – strojové učení založené na kombinaci s přímými metodami

detekce chyb nástroje a obrobku – v souladu s ukotvenými myšlenkami Industry 4.0 a práce s Big Data – smart machines. Představení již proběhlo na domácích veletrzích. Tchajwanská firma Hardford tento trend na svých strojích již otevřeně prezentuje. Výsledky ukazují redukcí teplotní chyby okolo 50 %, což zatím odpovídá teplotním kompenzacím ve standardních řídicích systémech výrobních strojů. Značný důraz na věrohodnost kontrolních měření přesnosti výrobu (i jako výsledek aplikace kompenzačních modelů) klade vystavený produkt firmy Kapp Niles (výroba ozubení), který je vybaven přímým, nezávislým měřicím systémem (sada kontaktních sond) přímo v pracovním prostoru jejich stroje. Vzhledem k necertifikované podobě (seč dostatečné přesnosti a opakovatelnosti) tohoto systému je stroj dodáván s dotykovým CNC 3D měřicím strojem. Firma Georg řeší teplotně-mechanickou stabilitu velkého soustruhu přidáním měřicím systémem pevně spojeným (přes konzolu) s rámem stroje (bez výměny nástroje za sondu) s výhodami zkrácení času nutného pro měření. Zajímavou ukázkou mechanického přístupu ke kompenzaci teplotních chyb soustružnického stroje představuje firma Geminis, řešící problematiku regulací tlaku protivřetena na upnutý obrobek v závislosti na jeho teplotě. Z pohledu komponent strojů prezentuje vývoj firma Pro-Micron & Wirles Solution (spolupráce s Fraunhofer IPA)



Z výměny znalostí v oblasti neaktuálnějších trendů ve výzkumu a vývoji obráběcích strojů vyplývá, že světové špičky vyvíjejí teplotní kompenzace ve formě AI „umělé inteligence“.

PLACENÁ INZERCE

# LASCAM

## Laserové řešení pro plastikařský průmysl

 <b>MÁME K DISPOZICI 10 LASEROVÝCH SESTAV</b> <small>pro opracování plastů</small>	 <b>LASEROVÝ OŘEZ</b>	 <b>LASEROVÉ VRTÁNÍ</b>	 <b>DECOATING</b>
 <b>VÍCE NEŽ 100 TESTŮ ROČNĚ</b> <small>plastikařských vzorků</small>	 <b>LASEROVÉ ŘEZÁNÍ</b>	 <b>LASEROVÉ NAVAROVÁNÍ</b>	 <b>LASEROVÉ SVAROVÁNÍ</b>
 <b>30+</b> <b>REALIZOVANÝCH PROJEKTŮ</b> <small>pro plastikaře za 2 roky</small>	 <b>LASEROVÉ ČIŠTĚNÍ</b>	 <b>MARKING</b>	 <b>OPTICKÁ ANALÝZA VAD</b>

[www.lascam.cz](http://www.lascam.cz)

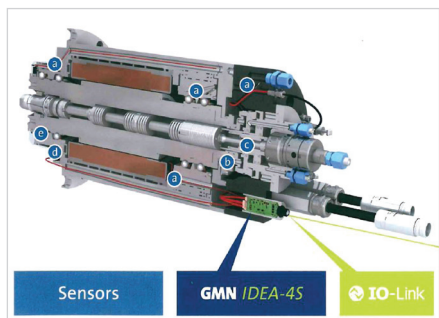
řešením bezdrátové technologie měření (nejen) teploty nástroje během řezného procesu. Řešení spočívá v integraci sensoriky do nástrojového držáku Spike (komerční označení), který je možné vybavit škálou standardních nástrojů. Firma je otevřena úpravám řešení podle zákaznických požadavků. V reakci na trend v rozšiřování multifunkčnosti strojů se zástupci firem shodují, že jediné okamžité funkční řešení je kombinace stávajících a odladěných strojů z výrobního portfolia daného výrobce.

#### Očima Ing. Jana Hornycha, Ph.D.

Zavedení výrobci obráběcích strojů, kteří téma tepelného chování strojů marketingově využívali již dříve, tak činili i na letošním ročníku EMO, a to často jen s mírnými úpravami svých expozic. Je možné prohlásit, že nejrozšířenějším způsobem potlačování negativního vlivu teplotních deformací zůstávají softwarové kompenzace. Důležité technické detaily (druh použitého matematického modelu a způsob jeho identifikace) samozřejmě publikovány nebyly, ale jistým trendem, který v oblasti řešení této problematiky bylo možné vyzorovat, bylo častěji proklamované zapojování umělé inteligence (Fanuc – rozšíření funkcionality prezentované již na EMO 2017, nově také tchajwanský výrobce obráběcích strojů Hartford). Je samozřejmě otázkou, zda a do jaké míry marketingoví specialisté některou z uznávaných definic umělé inteligence respektují. Lze ale předpokládat, že v daných případech se jednalo o alespoň do jisté míry automatizované zpracování dat sloužících k identifikaci matematického modelu a jeho snadnou implementaci do řídicího systému. Rovněž bylo možné pozorovat zapojování softwarových kompenzací teplotních deformací do širších mechatronických systémů (např. již zmíněný Hartford). Obecně lze říci, že zde se jednalo o rozvíjení konceptu Industry 4.0, v jehož duchu se nesl předcházející veletrh EMO 2017.

#### Očima Ing. Jiřího Sovy

Nejvýraznějším a očekávaným trendem na veletrhu EMO 2019 byla digitalizace výrobních procesů, zvyšování inteligence strojů, sledování pracovního procesu v reálném čase a diagnostiky stavu stroje. Tento trend je patrný i v oblasti vřeten, kde dochází k dlouhodobému vývoji oblasti diagnostiky a vyhodnocování chování



Ukázka systému IDEA-4S společnosti GMN



Jedno z nejatraktivnějších nových řešení designu krytování představila firma Weisser na řadě multifunkčních center Artery.

vřeten pomocí integrovaných snímačů (snímače teplot, sil a vibrací) do nosné struktury vřeten. Tuto implementaci snímačů do vřeten představovala např. firma GMN (IDEA-4S), Weiss Spindeltechnologie (SMI24). S tímto trendem je spojený i vývoj softwarů pro online monitorování, prediktivní údržbu a vyhodnocování naměřených dat (např. frekvenčních spekter vibrací, trendování teploty ložisek a vibrací) pro sledování stavu vřeten a ložisek.

#### Očima Ing. Miroslava Janoty, Ph.D.

Veletrh se nesl ve znamení sloganu „Stay connected“. Sensorika je instalována do kuličkových šroubů, nástrojových držáků, svěráků a jiných strojních component, kde dříve chyběla. Na druhou stranu, pokud nahlédneme pod pokličku, zjistíme, že se za nadnesenými názvy diagnostických metod stále skrývají základní a dobou osvědčené algoritmy zpracování dat.

#### Očima Ing. Jana Koubka, Ph.D.

V uplynulých letech jsme byli svědky postupné krystalizace tématu „Ekodesignu ve stavbě a provozu obráběcích strojů“. Výrobci se v rámci zachování atraktivity produktů prezentovali různými hesly, jejichž míra naplnění je velmi individuální. Kromě jistých legislativních posunů a mírného vývoje v oblasti hospodárného využití zdrojů se však ve stavbě OS neudála žádná průmyslová revoluce. O posunu k efektivní výrobě můžeme hovořit především v oblasti provozu OS. Návštěvníka EMO 2019 by však mohl zarazit fakt, že v oblasti prosazovaných kolaborativních a autonomních systémů žádný výrobce globální environmentální dopad neprezentuje a nehodnotí. Jedná se tak primárně o politické rozhodnutí o průmyslové revoluci bez ohledu na skutečnou cenu.

#### Očima Ing. Matěje Sulitky, Ph.D.

Oproti minulému ročníku, jehož mottem byla vize principů Průmyslu 4.0, demonstrovala výstava EMO 2019 silný posun směrem k praktickému rozšíření pokročilých chytrých řešení v oblasti plánování a řízení výroby na základě monitorování procesů, sběru a zpracování velkých dat pomocí pokročilých matematických prostředků strojového učení a umělé inteligence. Výrazně viditelným a propagovaným pojmem u velkého množství výrobců strojů bylo digitální dvojče stroje (digital twin). Nejpokročilejší úroveň vize digitálního dvojčete stroje představil výzkumný ústav IFW z Leibnitz univerzity Hannover. Virtuální model procesu obrábění, včetně výpočtu zatížení nástroje, běží paralelně v reálném čase vedle reálného procesu na stroji a na základě rozdílů skutečného a simulovaného stavu procesu zasáhne systém adaptivně do nastavení posuvových rychlostí na stroji pro eliminaci nerovnoměrného silového zatížení nástroje.

V oblasti designu bylo možno vidět opět nebývalé množství novinek řešení krytování strojů. Dobrý design a ergonomie je neodmyslitelnou součástí celkové úrovně strojů, jejichž podobu stále ztraktivňují nové nápady a řešení.

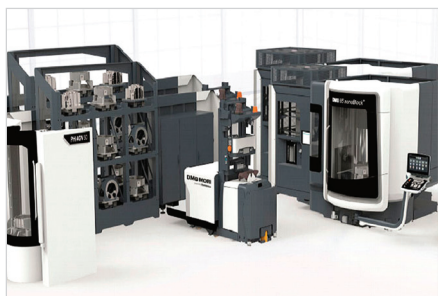
#### Očima Ing. Aleše Šimůnka

Hlavním „digitálním“ trendem vystavovatelů je pokračování ve vývoji a integraci strojů do chytrých výrobních systémů. Kde se v minulých ročnících ukazovaly pouze vize a demo ukázky, jsou nyní prezentována nová ucelená softwarová řešení k ukládání dat, sledování stavu a chyb strojů. Za účelem zvyšování spolehlivosti, výkonosti a účinnosti je nově využito strojového učení a umělé inteligence, nicméně tato řešení jsou v raném počátku a dá

se očekávat nárůst jejich významnosti v následujících letech.

Druhým trendem je pokračování ve zvyšování důrazu na automatizaci ve výrobě a připravenosti strojů k nasazení do automatické výroby. To podpořilo mnoho ukázek flexibilních modulárních výrobních linek vybavených roboty a pojezdnými manipulátory.

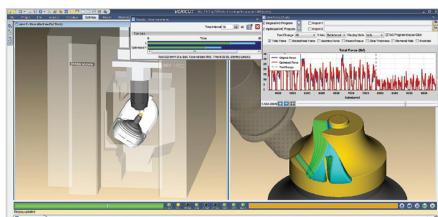
Automatizaci podporuje i další nové téma digitální továrny s možností ladění a optimalizace linky za pomoci virtuální nebo rozšířené reality.



Automatický pojezdný paletový manipulátor pro přenášení a výměnu obrobků DMG Mori PH-AGV 50

#### Očima Ing. Petra Vavrušky, Ph.D.

Jedním z aktuálních trendů viděných na letošním EMO bylo rozsáhlé přizpůsobování řídicích systémů výrobcí strojů pro využití funkcí stroje s příslušenstvími v co nejvyšší míře. Např. na strojích výrobce WFL je možné využívat funkci pro automatické vystředění dílců do osy hlavního vřetená pomocí elektromagnetického sklíčidla. Společnost Renishaw prezentovala

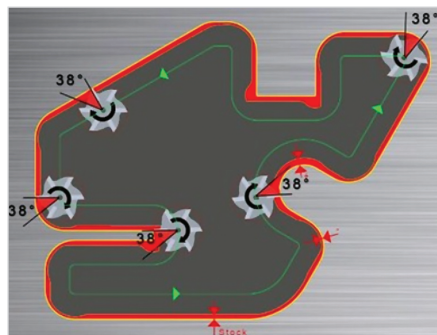


Vericut – modul Force

systém automatického korigování drah nástroje na základě porovnání naměřených dat a dat modelu při dokončování tvarově složitých ploch. V oblasti technologické přípravy výroby byla např. vidět varianta ERP systému, ve které byla funkce pro automatický návrh drah pro obrábění jednoduchých dílců, vhodných pro 2,5D obrábění. Samostatným tématem v oblasti CAM systémů a jejich nastaveb však stále zůstávají dynamické úpravy technologických podmínek v závislosti na hodnotě aktuálního úběru materiálu či řezných sil.

#### Očima Ing. Michala Stejskala

Na EMO 2019 byl v oblasti výrobců obráběcích strojů patrný trend rozšiřování portfolia SW podpory výroby. SW podporou výroby je myšleno rozšiřování počtu různých nastavbových funkcí. Tyto funkce cílí např. na zkvalitňo-



Patentovaná strategie Go2cam s proměnným přírůstkem materiálu pro dokončování zaručující konstantní úhel opásání nástroje v řezu

vání dráhového řízení při obrábění tvarových ploch nebo na adaptivní potlačování vibrací během obrábění, ať už v samostatných modulech, či v nadstavbách řídicích systémů, viz Hermle, DMG Mori, Mazak aj. V oblasti CAM SW byly mezi hlavními trendy propojování nástrojové databáze přímo s danými výrobcí nástrojů či nové obráběcí strategie s konstantním zatížením nástroje viz GO2cam, MasterCam, HyperMILL aj.

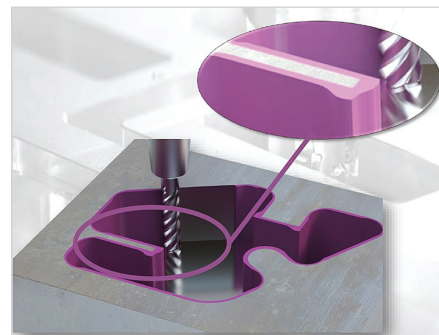
#### Očima Ing. Jana Brajera, Ph.D.

Na letošním EMO byla patrná obava ze stále se zvyšujících nároků na výrobky, a hlavně ze snižování ceny výroby a zrychlování procesů. Proto téměř všichni významní výrobci obráběcích strojů představili svá řešení pro možnost aditivní a hybridní výroby. Díky tomuto posunu je zřejmá změna přemýšlení o možnostech výroby, kde dříve obtížně vyrobitelné díly lze vyrobit v jednom stroji mnohdy i na jedno upnutí. Tyto možnosti dávají prostor fantazii konstruktérů a lze očekávat, že do několika let se postupně začne měnit design výrobků pro lepší využití materiálu a vlastností tvarových ploch. Na veletrhu byla i řada dalších zajímavostí, které mohou revolučně měnit přístupy ke strojírenství. Většinou se jednalo o přidání senzoriky do konvenčních řešení, a tím zvýšení tuhosti, teplotní kompenzace nebo lepší monitorování procesu obecně.

Pro výrobu řezných nástrojů za pomoci laseru bylo představeno hned několik strojů. V prvním případě se jednalo o stroj od firmy Ewag, který je díky svým parametrům vhodný pro výrobu obráběcích nástrojů s diamantovými břitovými destičkami. Firmou byly prezentovány výsledky, které dokazovaly velmi přesné zpra-



Pro výrobu řezných nástrojů za pomoci laseru bylo představeno hned několik strojů.



cování. Při srovnání laserového ořezu s broušením bylo prokázáno jednoznačné zlepšení kvality řezné hrany. Další firmou prezentující ořez diamantových destiček byla firma DMG Mori. Firma prezentovala stroj s automatickým podavačem a pětiosým polohováním nástroje v kombinaci s femtosekundovým laserem. Navíc byla firmou DMG představena hybridní výroba nástroje, kde tělo nástroje bylo vyrobeno metodou 3D tisku a následně připájené břitové destičky byly ořezány laserem. Technika obrábění řezných nástrojů byla představena i dalšími firmami, ale v těchto případech se jednalo spíše o multifunkční stroje než o specializovaný stroj zaměřený pouze na tuto problematiku.

#### Očima Ing. Petra Maška, Ph.D., a Ing. Michala Stejskala

Supertvrdé materiály pro řezné nástroje byly primárně prezentovány výrobcí na aplikacích obrábění abrazivních těžkoobrobitelných materiálů. Firma Guhring představila svou sekci supertvrдых řezných materiálů z PKD a KBN zejména pro speciální aplikace sdužených či tvarových nástrojů v automobilovém a leteckém průmyslu. Dále nabízí portfolio VBD s PKD či KBN a také stopkových fréz s pájenými břitovými destičkami. Firma Becker nabízí hlavně břitové destičky PKD a KBN. Ty jsou nyní vyráběny i ve formě *fulledge* a *fullface*. V případě KBN dokonce oboustranné *fullface*, což znamená vyšší životnost břitové destičky. Navíc nabízí na svých břitových destičkách i utvařeč třísek. ■

KOMPLETNÍ VERZI ČLÁNKU, VČETNÍ VŠECH FOTOGRAFIÍ, NAJDETE NA INTERNETOVÉ ADRESE [WWW.MMSPEKTRUM.COM/191130](http://WWW.MMSPEKTRUM.COM/191130)

